

6G NEXT: INTELLIGENTE DROHNEN

Robert Vilter, Nick Stuckert, Fabian Quaeck, Yannek Knöfel, Wolfgang Rüther-Kindel

Fachgebiet Luftfahrttechnik, Technische Hochschule Wildau

1. EINLEITUNG UND HINTERGRUND

Das Projekt **6G NeXt** befasst sich mit der Erforschung der Anforderungen an den Mobilfunkstandard der sechsten Generation. Dazu werden exemplarisch zwei Use-Cases untersucht. Im Use-Case **HOLOCOM** werden die Anforderungen an einen 3D-Live-Webchat erforscht. Im Use-Case **”Smart Drones”** wird eine sehr zuverlässige, resiliente Verbindung zu schnell fliegenden, unbemannten Fluggeräten benötigt. Hierbei ist das Ziel, dass mehrere unbemannte Fluggeräte gleichzeitig in der Luft sein können und sich gegenseitig ausweichen. Beispiele für derartige Anwendungen finden sich bei Inspektionsaufgaben, Geländeüberwachungen (Surveillance), Search and Rescue und insbesondere bei Einsätzen von Polizei und Feuerwehr, zum Beispiel während Großereignissen wie Waldbränden und Hochwasserlagen. Dabei kommen bereits heute unbemannte und bemannte Fluggeräte zum Einsatz, die sich zwar denselben Luftraum teilen, aber sich nicht gegenseitig verständigen können, um beispielsweise frühzeitig einander auszuweichen oder kooperative Missionen zu absolvieren. Für diese Möglichkeit wird ein sicheres, resilientes System benötigt, welches als Anti-Kollisionssystem Trajektorien der unbemannten Fluggeräte auf Basis der Live-Telemetrie mit geringer Latenz prädiziert, Kollisionsrisiken bewertet und Ausweichrouten falls notwendig berechnet und an das jeweilige unbemannte Fluggerät überträgt. Schlüssel für einen solchen Einsatz bildet eine zuverlässige Kommunikation zwischen den Luftraumnutzern und eine Software-Architektur, die geografisch verteilt arbeitet, um die betreffenden Luftfahrzeuge in unterschiedlichen Funknetzen erreichen zu können. [1] Die Gesamtarchitektur des Use-Cases ist in Figure 1 zu sehen.

Die Grundlagen für den Use-Case ”Smart Drones” stellen ein 5G-Testbed dar, welches mithilfe von KI-Kanalprädiktionen für eine Steigerung der Zuverlässigkeit sorgt sowie eine Vielzahl von unbemannten Fluggeräten, die über das Netz gesteuert werden können und in der Lage sind, automatisch Flugmissionen zu absolvieren. Als Setup für die unbemannten Fluggeräte wird auf verschiedene Hardware-Komponenten zurückgegriffen, die mit der Open-Source-Software **ArduPilot** kompatibel sind. Aufgrund der Tatsache, dass es nicht ein ”perfektes” unbemanntes Fluggerät gibt, sondern für jede Auf-

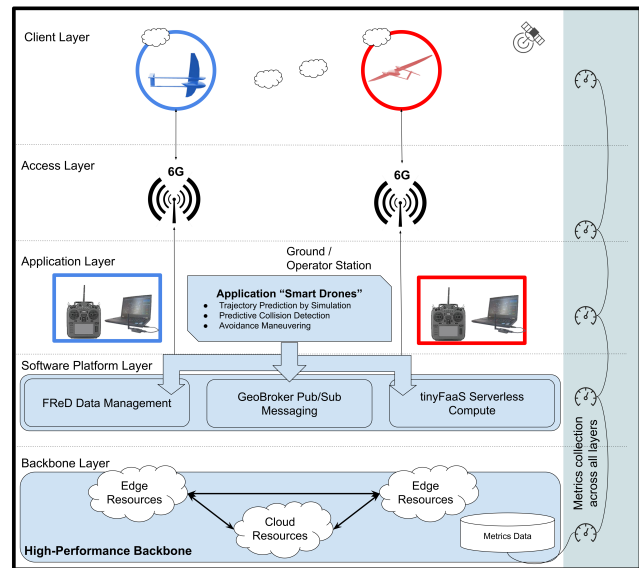


Fig. 1: Architektur des Use-Cases ”Smart Drones”

gabe ein spezifisches Fluggerät ideal ist, soll auch diesem Umstand Rechnung getragen werden und verschiedene Fluggeräte in das Gesamtsystem eingebunden werden. Als Vertreter jeder Fluggeräte-Klasse werden als UAV mindestens ein Fixed-Wing Aircraft, ein Multicopter und eine Mischung aus beidem als VTOL aufgebaut, eingestellt und mit entsprechender Technik für die Peripherie ausgestattet. Das Ziel ist es dabei zum einen zu demonstrieren, dass der Ansatz des Anti-Kollisionssystems nicht nur für eine bestimmte Kategorie von Fluggeräten funktioniert und zum anderen, verschiedene Fluggeschwindigkeiten zu realisieren und die Anforderungen an das Funknetz testen zu können.

2. UAVS: MULTICOPTER

Für zahlreiche Anwendungen und erste Tests sind Multikopterplattformen eine ideale Ausgangsbasis. Die größten Vorteile beim Einsatz von Multikoptern liegen in ihrem einfachen Aufbau, ihrer Robustheit und guten Verfügbarkeit von Ersatzteilen und Komponenten. Im Projekt 6G NeXt kommen mehrere Multikopter des Typs **Holybro X500** zum Einsatz, wie in Figure 2 dargestellt ist. Allen gemein ist



Fig. 2: Multikopter X500

die Ausstattung mit einem Flightcontroller vom Typ **Orange Cube** und der Software **Ardupilot "ArduCopter"**. Die reguläre Steuerung der Drohnen erfolgt über eine 2,4 GHz RC-Fernsteuerung. Für die Übertragung von Telemetriedaten zum Boden und von Kommandos zur Drohne zurück stehen verschiedene Kanäle zur Verfügung. Für Vortests wurde hierfür auf eine 868 MHz bzw. 433 MHz-Eins-zu-Eins-Verbindung gesetzt. Diese wurde anschließend durch eine 5G-Netzwerkverbindung in einem mobilen 5G-Testbed ersetzt. Das dafür notwendige Modem mit SIM-Karte wurde von einem Raspberry-PI als Companion PC ausgelesen. Mithilfe dieses Setups konnten bereits Flugtests für die Vermessung und Erprobung des mobilen 5G-Testbeds erfolgreich durchgeführt werden.

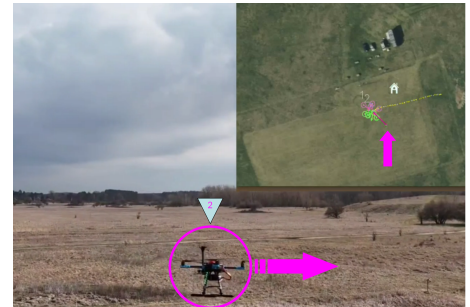
Für die Übertragung von Steuerinformationen wurde das MAVLink2 Protokoll verwendet, das als UDP-Message im Netz an die jeweilige Drohne übertragen wird. Dadurch konnten schnelle Reaktionszeiten im Gesamtsystem realisiert werden.

3. SMART DRONES ANTI-KOLLISIONSSYSTEM

Diese kurzen Verarbeitungszeiten sind für das Einschreiten des Anti-Kollisionssystems überaus wichtig. In einem Realtest wurden zuvor mithilfe der **Software-in-the-Loop Simulation (SITL)** der Ardupilot Software untersuchte Szenarien überprüft. Dazu wurde eine Drohne im **GUIDED-Flugmodus** so gesteuert, dass sie mit einer zweiten Drohne zusammenstoßen würde. Aus Sicherheitsgründen wurde für den ersten Test nur der laterale Abstand in Betracht gezogen, sodass die zweite Drohne am Boden verbleiben konnte. In den nachfolgenden Abbildungen ist der Verlauf des Tests zu erkennen. Die Aufnahmen wurden mithilfe einer Kameradrohne erstellt. In Abbildung a nähert sich die Drohne zunächst an. In Abbildung b wurde anhand der aktuellen Sensordaten eine Unterschreitung eines Sicherheitsabstands detektiert. In Abbildung c wurde ein Ausweichmanöver eingeleitet und automatisch von der Drohne ausgeführt. Nach den erfolgreichen Tests des Anti-Kollisionsverhaltens wird das Gesamtsystem nun optimiert und die Integration des Ausweichmanövers in die Flugmission miteinander verbunden.



(a) Annäherung



(b) Detektierung



(c) Ausweichen

Fig. 3: Proof-of-concept Testflug mit Ausweichen

4. ACKNOWLEDGEMENTS

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, German Federal Ministry of Education and Research) – 16KISK176, 16KISK177, 16KISK183, 16KISK186.

5. REFERENCES

- [1] Tobias Pfandzelter et al., "Towards anti-collision coordination for uavs with serverless edge computing," in *Proc. IC2E*. 2024, pp. 247–248, IEEE.